

H20/B07 高周波マイクロ磁気応用技術に関する研究 (1節 共同プロジェクト研究の理念と概要, 第4章 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	15
ページ	248-250
発行年	2009-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/48436

高周波マイクロ磁気応用技術に関する研究

[1] 組織

代表者：佐藤 敏郎

(信州大学工学部)

対応者：村岡 裕明

(東北大学電気通信研究所)

分担者：

石井 修 (山形大学大学院理工学研究科)

池田 慎治 (富山工業高等専門学校)

長田 洋 (岩手大学工学部)

川人 祥二 (静岡大学電子工学研究所)

竹澤 昌晃 (九州工業大学工学部)

丹 健二 (秋田県産業技術総合研究センター)

辻本 浩章 (大阪市立大学大学院工学研究科)

中野 正基 (長崎大学工学部)

中山 英俊 (長野工業高等専門学校)

宗像 誠 (崇城大学エレクトロニクス研究所)

山本 節夫 (山口大学工学部)

山口 正洋 (東北大学工学研究科)

研究費：物件費 0 円、旅費 30 万 9 千円

[2] 研究経過

本プロジェクト研究会は、わが国が主導して進めてきた、携帯電話や無線 LAN 等の高周波回路への適用を目指したマイクロ波磁気デバイスや広帯域ノイズ吸収技術などの高周波マイクロ磁気応用技術を高度化するために、関連分野の研究開発に従事する第一線の研究者を結集して、高周波マイクロ磁気応用技術に関する研究開発事例、実用化のための課題を抽出し、これら技術の実用化に資することを目的に発足した。

平成 20 年度は、磁性微粒子分散材料の研究が進展するとともに、これらの一つの応用として誘電体マトリクス中に磁性微粒子を分散させた磁性／誘電性複合媒質を装荷したダイポールアンテナの小型化・高感度化に関する研究が開始された。また、コプレーナウェーブガイドを用いた磁性薄膜の磁化回転ダンピング定数の評価や直接通電法による磁性薄膜透磁率評価などの磁性薄膜の新しい評価法が提案された。チップレベルノイズ抑制技術として、フェライトめっきしたリードフレームによる LSI の電磁ノイズ抑制技術が提案された。さらには、奇妙な電磁気

的振る舞いを示すメタマテリアル関連の研究として、デュアル型右手系／左手系複合差動伝送線路が検討された。

平成 20 年 12 月 18 日、19 日の両日、東北大学工学部青葉記念会館 4 階大研修室を会場として電気学会マグネティックス研究会との合同研究会を開催した。以下に、研究会プログラムを示す。

12 月 18 日 (木) 14:00～17:15

(1) 磁歪式大荷重測定センサの開発

小林亮介、川田剛司

田代晋久、脇若弘之 (信州大)

(2) プレーナーホール効果を用いた磁性薄膜電力計の特性

辻本浩章、虎谷浩史、吉田 博 (大阪市大)

(3) 3 軸磁界発生コイルを組み合わせた正六角柱磁気シールドシステム

松岡信二、西川 修、久保田晃弘

田代晋久、脇若弘之 (信州大)

(4) 磁性／誘電性複合媒質ダイポールアンテナの特性解析

夏目真志、倉科強司 (信州大)

池田賢司 (太陽誘電)、佐藤敏郎、曾根原誠

山沢清人、三浦義正 (信州大)

(5) デュアル型右手系／左手系複合差動伝送線路の試作と特性評価

中山英俊、藤澤 潔 (長野高専)

伊藤龍男 (UCLA)

(6) 固相反応法による YIG 薄膜の作製と静磁波バンドギャップマテリアルへの応用

畠腹幸平、都甲憲二

金 周映、井上光輝 (豊橋技科大)

12 月 19 日 (金) 9:00～12:15

(7) フェライトめっきしたリードフレームによる LSI の電磁ノイズ抑制

近藤幸一、小野裕司 (NEC トーキン)

増田則夫 (NEC)

(8) 面内および面直方向の渦電流分布を考慮した薄膜電磁ノイズ抑制体の損失計算

室賀 翔、山口正洋 (東北大)

(9) スパッタ粒子堆積シミュレーションによる

FeCoB 薄膜の異方性磁界の検討

宗像 誠、今泉良一 (崇城大)

大越正敏 (九州工大)、榎孝一郎 (住友金属鉱山)

(10) 微粒子の透磁率と複合化の効果

島田 寛、遠藤 恭、山口正洋

岡本 聡、北上 修 (東北大)

(11) CPW-FMR 測定による磁性薄膜のダンピング定数に関する研究

遠藤 恭、島田 寛

山口正洋、三束芳央 (東北大)

(12) 直接通電による磁性膜透磁率測定を試み

藪上 信 (東北学院大学)

[3] 成果 (以下10.5ポイント)

(3-1) 研究成果

平成 20 年度に実施した共同プロジェクト研究会を通して得られた主要な研究成果を以下に示す。

(1) 磁性微粒子分散系複合材料とその応用

MHz 帯、GHz 帯の周波数帯で有用な磁性材料としては、フェライトや軟磁性薄膜が使われているが、軟磁性を持つ微粒子を分散させた複合材料は形状の自由度や高い絶縁性といった特徴があり、フェライトや金属薄膜とは異なった応用が期待できる。磁性微粒子を有機マトリクス中に分散させた構造において微粒子本来の性能を引き出す手法として、東北大学の島田、山口らは、粒子サイズの大きく異なる二種類以上の微粒子で複合材料を構成する方法を提案した。サイズの大きな微粒子間に超微粒子が凝集することで反磁界を抑えることができ、複合材料の初透磁率が向上することを実験的・理論的に実証した。

磁性微粒子分散系複合材料の応用の一つとして、複合材料が有する磁性と誘電性を積極的に利用した磁性/誘電性複合媒質ダイポールアンテナが検討された。これは、複合媒質の比透磁率と比誘電率を等しくすることで媒質の電磁界固有インピーダンスを自由空間のそれと一致させ、媒質界面での電磁界反射を抑制しアンテナの高感度化を図ろうとするものである。図1は、ダイポールアンテナの受信電力をFDTD法を用いて計算した結果を示すものである。ダイポールアンテナの導体部は厚さ 0.5 mm、幅 3 mm、長さ 7.5 mm×2 本、上下導体ギャップ 3 mm で構成され、複合媒質の比透磁率と比誘電率はともに 10、誘電体装荷用非磁性誘電体の比誘電率は STO などの誘電体セラミックスを模擬した 100 を仮定し、いずれも無損失媒質を仮定して受信電力を計算したものである。複合媒質装荷アンテナは誘電体装荷の場合に比べて受信電力が2倍以上となり、電磁界固有インピーダンスの整合効果が大きく現れるとともに、受信電力がピークとなる周波数も複合媒質の方

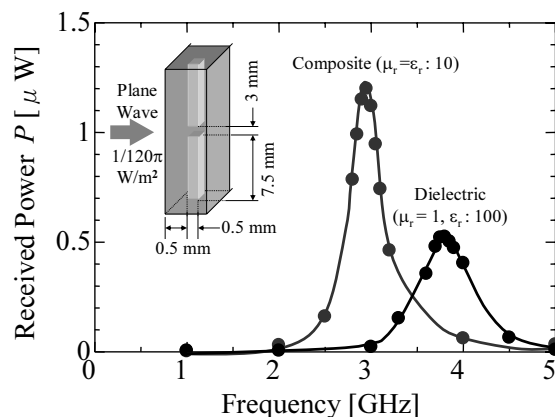


図1 複合媒質装荷ならびに誘電体装荷ダイポールアンテナの受信電力の周波数特性

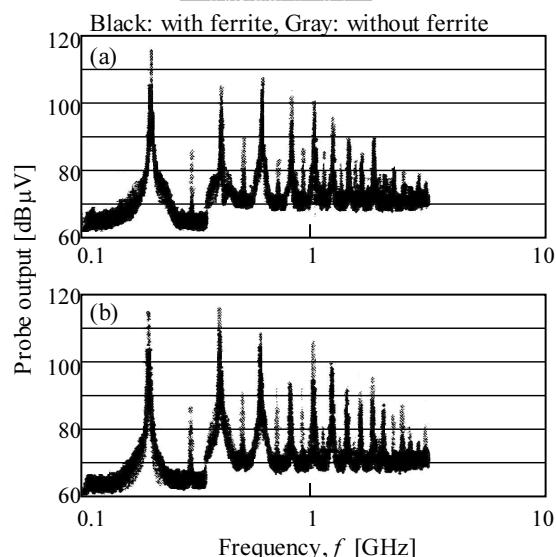


図2 リードフレームフェライトめっきによるLSIチップ外伝導ノイズの抑制効果、(a): 電源ライン、(b): グラウンドライン

が低くなり、複合媒質の方が実効的な波長短縮に大きく効いていることを示している。今後は、媒質の損失を含んだシミュレーションが必要であるとともに、磁性と誘電性が共存する高周波電磁界媒質の有力な候補として磁性微粒子分散系材料の開発が期待される。

(2) LSI の電磁ノイズ抑制

近藤らは、LSI チップの外部回路に電磁的な影響を及ぼすチップ外電磁干渉 (Inter-system interference) を抑制することを目的として、ノイズ源である LSI チップとその周囲とのインターフェースとなるリードフレームのおおののリード線に GHz 帯域で高い磁気損失を有するフェライトめっき膜を成膜して伝導ノイズ抑制効果を評価した。図2は、90 nm プロセスの 2.5 mm 角 TEG チップを QFP でパッケージ

ングした試料に対して電源ラインとグラウンドラインを伝導する高周波電流を磁界プローブ法で評価した結果を示すものである。電源ライン、グラウンドラインともに測定上限の3GHzまで伝導ノイズが抑制され、特に、100MHz ベースクロックの奇数倍の周波数において顕著なノイズ抑制が図られている。

(3) 軟磁性薄膜材料の評価技術

軟磁性薄膜の高周波応用として、強磁性共鳴(FMR) 周波数を超える帯域における負の透磁率の利用など、これまでにない新規の高周波磁気応用技術が検討されており、従来以上に軟磁性薄膜のFMR測定が重要になっている。遠藤らは、コプレーナ伝送線路(CPW)に磁性薄膜を装荷し、反射係数を測定することでFMRを観測する手法を検討した。この方法により、Ni-Fe 薄膜やCo-Zr-O グラニューラ膜の磁化のダンピング定数を評価し、磁界掃引によるFMR測定との比較をとおして、CPW-FMR法の有効性を示した。

敷上は磁性薄膜に直接高周波電流を通電して透磁率を測定する手法を提案した。本方法は、ウェハプロービングによって透磁率を評価することを最終目的としており、微小サンプルに切り出す必要がないため、磁気デバイス作成プロセス途中での磁性膜物性評価に有用なツールになるものと期待される。

(3-2) 波及効果と発展性など

磁性微粒子分散系複合材料については、性能向上のための材料設計指針が明確にされつつあり、パワーインダクタ用低透磁率磁心に加え、アンテナへの展開が開始されなど、今後が期待される。

高周波マイクロ磁気応用の大きな柱に位置づけられる電磁干渉抑制については、ボードレベルからLSIチップレベルに至り、最終的にはLSIの設計段階にまで到達するものと予想され、今後も磁気を利用した電磁干渉抑制技術が大いに発展していくものと期待される。

マイクロ波帯磁気応用技術分野の国際交流の場として、IEEE Magnetics Society 主催のMMDM6 (6th International Workshop on High Frequency Micro-magnetic Devices and Materials) が2008年5月にマドリッドで開催された。また、2009年5月に、MMDM7が米国サクラメントで開催の予定になっている。

[4] 成果資料

- (1) 水田創, 中沢政博, 滝澤和孝, 佐藤敏郎, 山沢清人, 三浦義正, 三宅裕子, 秋江正則, 上原裕二, 宗像誠, 八木正昭, 携帯電話用CoFeB磁性薄膜方向性結合器の大振幅信号伝送特性, *Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol.32, No.3, pp.376-381, (2008).
- (2) K. Ikeda, T. Suzuki, T. Sato, Magnetic properties of

Co-Sm amorphous films in GHz band, *Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol.32, No.3, pp.179-186, (2008).

- (3) 清水勇人, 吉池政史, 直江正幸, 佐藤敏郎, 山沢清人, 三浦義正, 厚膜化した磁性金属粒子/非磁性体複合材料を用いたマイクロ電源用プレーナインダクタの作製, *Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol.32, No.6, pp.559-563, (2008).
- (4) M. Sonehara, T. Sato, M. Takasaki, H. Konishi, K. Yamasawa, Y. Miura, Preparation and Characterization of Nanofiber Nonwoven Textile for Electromagnetic Wave Shielding, *IEEE Transactions on Magnetics*, 44, (11), pp.3107-3110, (2008).
- (5) K. Ikeda, T. Suzuki, T. Sato, Suppression of Sm Segregation and Improvement in Thermal Stability by Introducing Ru Underlayer in Co-Sm Amorphous Films, *IEEE Transactions on Magnetics*, 44, (11), pp.3906-3909, (2008).
- (6) H. Tsujimoto, H. Toratani, Y. Deguchi, High Sensitive Thin Film Wattmeter Using Magnetic Thin Film, *IEEE Transactions on Magnetics*, 44, (11), pp.3999-4002, (2008).
- (7) M. Nakano, H. Takeda, F. Yamashita, T. Yanai, H. Fukunaga, Improvement in Magnetic Properties of PLD-Made Nd-Fe-B Thick Film Magnets, *IEEE Transactions on Magnetics*, 44, (11), pp.4199-4201, (2008).
- (8) M. Takezawa, A. Shiota, Y. Morimoto, J. Yamasaki, M. Munakata, M. Yagi, Magnetic domains and magnetization process of amorphous granular (CoFeB)-SiO₂ thin films, *Journal of Applied Physics*, Vol. 103, No.7, 07E723, (2008).
- (9) T. Yanai, K. Takagi, K. Takahashi, M. Nakano, Y. Yoshizawa, H. Fukunaga, Fabrication of Fe-based ribbon with controlled permeability by Joule heating under tensile stress, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.320, No.20, pp.E833-E836, (2008).
- (10) S. Sugahara, K. Yamada, T. Kawashima, M. Edo, T. Sato, K. Yamasawa, High Efficiency PWM Controlled Micro DC-DC Converter for Portable Electronic Equipments, *IEICE Transactions on Communications*, Vol.E91-B, No.11, pp.3704-3711, (2008).
- (11) 稲垣慶, 曾根原誠, 佐藤敏郎, 山沢清人, 三浦義正, スリットパターン化Mn-Ir/Fe-Si交換結合膜の飽和磁界と高周波磁気特性の熱処理温度依存性, *Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol.33, No.1, pp.9-14, (2009).